



Enoncés

EXERCICE 1

Déterminer la nature des intégrales impropres suivantes :

1.1 $\int_0^{+\infty} f(t) dt$, où f est une fonction continue sur \mathbb{R}^+ et de signe constant sur un intervalle $[a, +\infty[$ de \mathbb{R}^+ , tendant vers α ($\alpha \in \overline{\mathbb{R}^*}$ où $\overline{\mathbb{R}^*} = \mathbb{R}^* \cup \{-\infty, +\infty\}$) en $+\infty$.

1.2 $\int_1^{+\infty} \frac{\ln t}{t} dt$,

1.3 $\int_0^{+\infty} e^{-t^\alpha} dt$ ($\alpha \in \mathbb{R}$),

1.4 $\int_0^1 \frac{1}{\sqrt{t(1-t)}} dt$,

1.5 $\int_{-1}^1 \frac{dt}{\ln|t|}$.

EXERCICE 2

Soit $(I_n)_{n \in \mathbb{N}}$ la suite définie par :

$$\forall n \in \mathbb{N}, I_n = \int_{-\infty}^{+\infty} t^n e^{-\frac{t^2}{2}} dt.$$

On rappelle que $I_0 = \sqrt{2p}$ et $I_1 = 0$ (cf chapitre Variables à densité).

- 1) Montrer que, pour tout $n \in \mathbb{N}$, I_n converge.
- 2) Déterminer, pour tout $n \in \mathbb{N}$, une expression de I_{n+2} en fonction de I_n .
- 3) En déduire, pour tout $n \in \mathbb{N}$, une expression de I_n en fonction de n .

EXERCICE 3

Soit $c \in [1, +\infty[$. On considère une fonction g positive, continue sur $[1, +\infty[$, décroissante sur $[c, +\infty[$ et telle que l'intégrale $\int_1^{+\infty} g(t)dt$ soit divergente. On considère également une suite $(w_n)_{n \in \mathbb{N}^*}$ telle que :

$$w_{n+1} - w_n \sim g(n).$$

1) Soient q et N deux entiers naturels tels que : $c \leq q < N$.

a) Montrer que :

$$\forall n \in [q, +\infty[, g(n+1) \leq \int_n^{n+1} g(t)dt \leq g(n).$$

b) En déduire que :

$$\int_q^N g(t)dt \leq \sum_{n=q}^{N-1} g(n) \leq \int_q^N g(t)dt + g(q)$$

2) Soit ε un réel de $]0, 1[$.

a) Montrer que :

$$\exists q \in [c, +\infty[, \forall n \in [q, +\infty[, (1-\varepsilon)g(n) \leq w_{n+1} - w_n \leq (1+\varepsilon)g(n)$$

b) En déduire que :

$$\forall N \in [q+1, +\infty[, (1-\varepsilon) \leq \int_1^N g(t)dt - (1-\varepsilon) \int_1^q g(t)dt + w_q \leq w_N \leq (1+\varepsilon) \int_1^N g(t)dt + (1+\varepsilon)g(q) +$$

3) Montrer alors que :

$$w_n \sim \int_1^n g(t) dt.$$

4) Prouver enfin que :

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{k} \sim \ln n.$$

Corrections

EXERCICE 1

1) Trois cas se présentent :

- si $\alpha \in \mathbb{R}_+^*$. Dans ce cas, par définition de la limite, on peut donc écrire :
 $\exists A \in \mathbb{R}^+, \forall t > A, f(t) \geq \frac{\alpha}{2} \geq 0$. Comme l'intégrale $\int_0^{+\infty} \frac{\alpha}{2} dt$ diverge, on peut donc écrire,
 d'après les théorèmes de comparaison des intégrales de fonctions positives,
 que l'intégrale $\int_0^{+\infty} f(t) dt$ diverge,

- Si $\alpha = +\infty$. Dans ce cas, on peut écrire, par définition de la limite :
 $\exists A \in \mathbb{R}^+, \forall t > A, f(t) \geq 1$. Comme l'intégrale $\int_0^{+\infty} 1 dt$ diverge, on peut donc écrire,
 d'après les théorèmes de comparaison des intégrales de fonctions positives, que
 l'intégrale $\int_0^{+\infty} f(t) dt$ diverge.

- Si $\alpha \in \mathbb{R}^* \cup \{-\infty\}$. En raisonnant comme précédemment avec la fonction $-f$,
 on montrerait que l'intégrale $\int_0^{+\infty} f(t) dt$ diverge.

On peut finalement conclure :

L'intégrale $\int_0^{+\infty} f(t) dt$ diverge

2) La fonction $t \mapsto \frac{\ln t}{t}$ est continue sur $[1, +\infty[$ en tant que quotient (dont le dénominateur ne s'annule pas) de fonctions continues sur $[1, +\infty[$. De plus, on a :

$\forall t \in [e, +\infty[, \ln t \geq 1$ soit, en divisant par $t > 0$:

$$\forall t \in [e, +\infty[, \frac{\ln t}{t} \geq \frac{1}{t}.$$

Les fonctions $t \mapsto \frac{\ln t}{t}$ et $t \mapsto \frac{1}{t}$ étant continues et positives sur $[1, +\infty[$,
 comme $\int_1^{+\infty} \frac{dt}{t}$ diverge (intégrale de Riemann), les critères de comparaison des
 intégrales de fonctions positives nous permettent alors d'écrire que :

L'intégrale $\int_1^{+\infty} \frac{\ln t}{t} dt$ diverge